

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Diseño y construcción de un sistema de calentamiento de agua a base de biogás como fuente de energía.

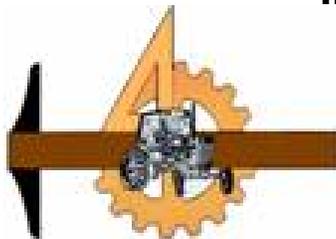
Por:

GABRIEL JAVIER GARCIA ENCISO

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para
Obtener Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2007

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Diseño y construcción de un sistema de calentamiento de agua a base
de biogás como fuente de energía.

Por:

GABRIEL JAVIER GARCÍA ENCISO
TESIS

Que somete a la Consideración del H. Jurado Examinador como
Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO MECÁNICO AGRÍCOLA

Aprobada por el Comité de Tesis

Presidente del Jurado

Ing. Juan Arredondo Valdés

Asesor Principal

Sinodal

Dr. Juan Carlos Zúñiga Enríquez

M.C. Héctor Uriel Serna Fernández

Coordinador de la División de Ingeniería

Dr. Raúl Rodríguez García

Buenavista, Saltillo. Coahuila, México.
Diciembre 2007.

INDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS -----	i
DEDICATORIAS -----	ii
INDICE DE CUADROS -----	iii
INDICE DE FIGURAS -----	iiii
I. INTRODUCCION -----	1
1.1 PROBLEMÁTICA -----	2
1.2 JUSTIFICACION -----	3
1.3 OBJETIVO -----	4
1.4 HIPOTESIS -----	4
II. REVISION DE LITERATURA -----	5
2.1 Gases -----	5
2.2 Definición de biogás. -----	8
2.3 Transmisión de Calor -----	18
2.4 Intercambiadores de calor. -----	20
2.5 Quemadores -----	23
III. METODOLOGIA -----	27
3.1 Ubicación del Experimento. -----	27
3.2 Metodología de Trabajo. -----	28
3.3 Resultados -----	39
3.4 Costos -----	42
IV CONCLUSIONES -----	44
V RECOMENDACIONES -----	45
VI LITERATURA CITADA -----	46
VII ANEXOS -----	47

AGRADECIMIENTOS

A **DIOS** por haberme dado la oportunidad de vivir y de llegar hasta donde estoy, gracias.

A la **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**, por haberme dado la oportunidad de formarme profesionalmente.

A mis **PADRES** por haberme apoyado infinitamente de manera incondicional, a ellos les debo todo, **GRACIAS MAMA Y PAPA**.

A mis **Tíos: Ignacio, Álvaro Cruz, Pedro, Gabriel, Arturo, Gerardo, Enrique, Jesús**.

A mis **Tías: Yolanda, Dolores, Jakeline, Ana, Guadalupe, Luz, Rosa, Martha, Arabella**.

Por todo su apoyo brindado, **Gracias**.

A **mis Abuelos, Guadalupe y Jesús** quienes nunca me negaron su apoyo, en especial por los consejos tan sabios que me dan.

Al **Dr. Juan Carlos Zúñiga Enríquez**, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo y contribuir en su proyecto.

Al **Ing. Juan Arredondo Valdés**, quien me otorgo parte de su tiempo para dirigir mi proyecto de tesis.

Al **Ing. Héctor Uriel Serna Fernández**, por contribuir en la realización de mi proyecto de tesis.

A todos los **Maestros** y personal del Departamento de Maquinaria Agrícola.

A mis **COMPAÑEROS Alberdi (quasi), Emigdio, Guadalupe (el Señor), Augusto (el Tipo)**, y todos los demás compañeros de la Generación CIV, Gracias por los gratos momentos compartidos durante mi estancia en la Universidad.

A la **Fundación Produce Zacatecas** por el apoyo económico que aportó para llevar a cabo la construcción de mi trabajo de tesis.

A **TODOS** los que me ayudaron a lograr lo que he logrado, gracias.

DEDICATORIA

Con todo el cariño y el debido respeto, para las personas que más quiero y admiro en esta hermosa vida.

A mi papá, **Sr. Francisco Javier García Ramírez** la persona que más admiro de todo el mundo, quien a pesar de todos los errores que he cometido, siempre ha estado dispuesto a ayudarme, le debo todo desde la vida hasta lo que soy. Siempre estaré orgulloso de que seas mi papa, si alguna vez volviera a nacer querría ser de nuevo tu hijo. Eres el mejor padre del mundo.

A mi mamá, **Sra. Paula Enciso Rodríguez** la mejor madre de este mundo, la persona que me dio la vida y además me llevó por el buen camino, siempre ha sabido lo que es mejor para sus hijos.

Especialmente a mis **Padrinos: Imelda García, David García y Jorge García** a quienes admiro y respeto, siempre han sido un ejemplo a seguir, nunca terminaría de agradecerles lo que han hecho por mí.

A mi **Abuela Teofila Ramírez**, quien siempre me ha brindado su cariño y para quien no dejare de ser su prieto. **A mi abuelo Gabriel García**, a quien no conocí, pero que siempre he admirado.

A mis **Hermanas: Gloria Elizabeth, Ema Laura, Brenda Paola y Elena Guadalupe**, en quienes siempre encontré palabras de aliento y mucho cariño.

INDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1 Composición del biogás según Wikipedia 2006.	9
Cuadro No. 2. Mezcla de gases que forman el biogás.	10
Cuadro No. 3. Equipos que consumen biogás.	13
Cuadro No. 4. Consumo de biogás en diferentes equipos.	15
Cuadro No. 5 Lista de materiales.	29
Cuadro No. 6 Lista de precios del material y equipo utilizado.	42
Cuadro No. 7 Descripción de costos de la mano de obra.	43

INDICE DE FIGURAS

Figura No.1. Diferentes aplicaciones del biogás. -----	14
Figura No. 2. Quemador Hudson. -----	25
Figura No. 3. Diseño de un quemador para biogás. -----	26
Figura No. 4. Laboratorio de Biogás. -----	27
Figura No. 5 Quemadores Comerciales. -----	31
Figura No. 6 Quemador de estufa. -----	32
Figura No. 7 Quemador de estufa sin esprea. -----	32
Figura No. 8 Fabricación del quemador experimental. ----	33
Figura No. 9 Quemador experimental. -----	34
Figura No. 10 Red de quemadores. -----	34
Figura No. 11 Depósito y regulador. -----	35
Figura No. 12. Aislante. -----	36
Figura No. 13 Doblador de Tubo. -----	37
Figura No. 14 Serpentín de cobre. -----	37
Figura No.15 Colocación del serpentín. -----	38
Figura No.16 Bomba centrifuga. -----	38
Figura No.17 Válvulas y manómetro para regular flujo. ----	39
Figura No.18 Temperatura del agua en la piscina.-----	39
Figura No.19 Intercambiador de calor funcionando. -----	40
Figura No.20 Salida de agua caliente. -----	40

I. INTRODUCCION

La agricultura mexicana está en una evolución constante para adaptarse a los nuevos paradigmas del mercado mundial de agro productos derivado de la globalización de la economía y de los tratados comerciales firmados por nuestro gobierno con otros países. En este contexto, nuestro agro esta desarrollando novedosas formas de producción entre las que se encuentran los “cultivos” no agrícolas. Este es el caso del cultivo de peces Tilapia, el cual es un pescado de atractivo valor comercial tanto a nivel nacional como en el comercio internacional y cuyo cultivo permite un mayor y mejor aprovechamiento de los recursos acuáticos del agro.

A nivel mundial se reconoce a la acuicultura como una estrategia importante para lograr el desarrollo de las poblaciones menos favorecidas y se exhorta a los estados a considerarla. Inclusive a nivel de escenarios futuros en materia de tecnología se considera que en el año 2014 el desarrollo de la acuicultura en el mundo será una de las fuentes de proteína más importantes. CONAPESCA menciona que en México se produjeron, 348 mil toneladas de pescado cultivado, en el 2001, en los últimos años la importancia de esta actividad se ha incrementado por las necesidades de alimento a bajo costo de producción.

Los altos costos de producción en la acuicultura debido a energéticos, conlleva a la necesidad de búsqueda de energías alternas, con el fin de abaratar el proceso productivo, con lo que nuestros productores pueden competir en un mercado globalizado.

1.1 PROBLEMÁTICA

El problema que enfrenta nuestro productor es que la temperatura del agua de las piscinas, en los meses de invierno alcanza un rango que fluctúa entre los 15 y 18° C, lo que ocasiona los siguientes problemas:

1. Los peces disminuyan su consumo de alimento.
2. Prolonguen el tiempo necesario para alcanzar su tamaño y peso óptimo de venta.
3. Mayor desperdicio de alimento.
4. Incrementen los costos de producción, especialmente en lo referente al alimento y energéticos.
5. Pérdida de competitividad.
6. Reducción en los márgenes de ganancia.

1.2 JUSTIFICACION

La Tilapia se desarrolla idealmente en agua con un rango de temperatura de 22 a 33° C, con un rango ideal entre 28 y 32° C, lo que le permite alcanzar su peso y tamaño de venta en un período de seis meses.

Argumentos del Equipo de Trabajo:

- a. Existe una gran cantidad de estiércoles acumulados al aire libre que causan una fuerte contaminación al aire, capa de ozono, suelo y mantos freáticos.
- b. Investigaciones realizadas por el INIFAP, demuestran la contaminación por nitratos de las fuentes subterráneas de agua por efecto del estiércol acumulado en el suelo.
- c. Existen disposiciones legales (NOM FIT 034) para que los productores procesen el estiércol vía compostas para su aplicación en el suelo.
- d. Técnicamente es factible la producción de gas metano a partir del estiércol.
- e. Con algunas adaptaciones y adecuaciones técnicas, es posible la generación de energía calorífica a bajo costo.
- f. Grandes empresas como Nestlé, Bimbo e Instituciones como el Instituto Tecnológico de Monterrey ya utilizan plantas eléctricas a base de motores diesel y gas natural (gas metano), para abatir sus costos al producir su propio fluido eléctrico.
- g. Países altamente desarrollados como estados Unidos, Alemania, Japón, Francia y Canadá, ya utilizan comercialmente esta fuente de energía.

1.3 OBJETIVO

Para solucionar este problema se hace necesario el diseño de un sistema de calefacción para agua que funcione utilizando biogás como fuente de energía.

1.4 HIPOTESIS

Es posible diseñar y construir un sistema de calefacción para agua, a base de biogás que permita alcanzar y mantener la temperatura adecuada para la crianza de peces en piscinas.

II REVISION DE LITERATURA

2.1 Gases.

Dado que el biogás esta compuesto por una mezcla de gases, antes de explicar todo lo referente sobre el biogás, es necesario mencionar algunos aspectos importantes sobre los gases. Sokolovsky (2006), define un gas como cualquier fluido aeriforme que a presión y temperatura ordinaria ocupa el espacio disponible del recipiente que lo contiene, es compresible y expandible, la constante repulsión de sus moléculas en movimiento de donde proviene su expansibilidad, lo hace un fluido elástico, carece de forma propia, adopta la forma de acuerdo al deposito que lo contiene, ejerciendo de adentro hacia afuera una presión más o menos fuerte en virtud de una dominada “tensión o fuerza de los gases”.

La denominación “gas” es introducida al léxico en el siglo XVII por el médico y químico holandés Juan Bautista Van Helmont. Física y químicamente puede tener propiedades activas o agresivas, o bien ser inerte o inocuo. En la naturaleza se encuentran fluidos de este tipo que, combinados con el oxígeno y en condiciones adecuadas, entran en combustión, con producción de calor o luz, de intensidad variable en función de los componentes que los integren; estos fluidos se les denominan “gases combustibles”.

2.1.1.- Propiedades de los gases.

El sitio web monografías (1997), cita que los gases tienen 3 propiedades características: (1) son fáciles de comprimir, (2) se expanden hasta llenar el contenedor y (3) ocupan más espacio que los sólidos o líquidos que los conforman.

2.1.2.- Ley de los gases Ideales.

Sokolovsky (2006), hace referencia sobre la teoría atómica, la cual menciona que las moléculas pueden tener o no cierta libertad de movimientos en el espacio; estos grados de libertad microscópicos están asociados con el concepto de orden macroscópico. La libertad de movimiento de las moléculas de un sólido está restringida a pequeñas vibraciones; en cambio, las moléculas de un gas se mueven aleatoriamente, y sólo están limitadas por las paredes del recipiente que las contiene.

Se han desarrollado leyes empíricas que relacionan las variables macroscópicas en base a las experiencias en laboratorio realizadas. En los gases ideales, estas variables incluyen la Presión (P), el Volumen (V) y la Temperatura (T).

2.1.3.- Ley de los gases.

La misma fuente cita las siguientes leyes de los gases:

La ley de Boyle – Mariotte.

Relaciona inversamente las proporciones de volumen y presión de un gas, manteniendo la temperatura constante:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2$$

La ley de Gay - Lussac.

Afirma que el volumen de un gas, a presión constante, es directamente proporcional a la temperatura absoluta:

$$V_1/T_1 = V_2/T_2$$

La ley de Charles.

Sostiene que, a volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta del sistema:

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

Ley de Dalton.

El sitio web uch.ceu.es (1997), cita la ley de Dalton la cual establece que, en una mezcla de gases, cada gas ejerce su presión como si los restantes gases no estuvieran presentes. La presión específica de un determinado gas en una mezcla, se llama "presión parcial" (p). La presión total de la mezcla se calcula simplemente sumando las presiones parciales de todos los gases que la componen. Por ejemplo, la presión atmosférica es: Presión atmosférica (760 mm. de Hg) = p_{O_2} (160 mm. Hg) + p_{N_2} (593 mm Hg) + p_{CO_2} (0.3 mm Hg) + p_{H_2O} (alrededor de 8 mm de Hg).

Donde:

p = presión parcial, mm de Hg = milímetros de mercurio, O_2 = oxígeno, N_2 = nitrógeno, CO_2 = dióxido de carbono, H_2O = agua.

Ley de Avogadro.

El sitio web Platea.pntic.mec.es (1997), cita la ley de Avogadro que establece que a una temperatura y presión dada, el número de partículas en volúmenes iguales de gases era el mismo, e introdujo también la distinción entre átomos y moléculas. Cuando el oxígeno se combinaba con hidrógeno, un átomo doble de oxígeno (molécula en nuestros términos) se dividía, y luego cada átomo de oxígeno se combinaba con dos átomos de hidrógeno, dando la fórmula molecular de agua (H_2O), de oxígeno (O_2) e hidrógeno (H_2), respectivamente.

2.1.4.- Ley universal de los gases.

Sokolovsky (2006), menciona que de las tres primeras leyes, citadas anteriormente, se deduce la “ley universal de los gases”:

$$P_1/T_1 = P_2/T_2 \wedge V_1/T_1 = V_2/T_2 \wedge P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow P_1 \cdot V_1/T_1 = P_2 \cdot V_2/T_2$$

2.1.5.- Teoría Cinética de los Gases.

La misma Sokolovsky (2006), menciona que el comportamiento de los gases, enunciado mediante las leyes anteriormente descritas, puede explicarse satisfactoriamente admitiendo la existencia del átomo. El volumen de un gas, refleja simplemente la distribución de posiciones de las moléculas que lo componen. Más exactamente, la variable macroscópica (V) representa el espacio disponible para el movimiento de una molécula.

La presión de un gas, que puede medirse con manómetros situados en las paredes del recipiente, registra el cambio medio de momento lineal que experimentan las moléculas al chocar contra las paredes y rebotar en ellas.

La temperatura del gas, es proporcional a la energía cinética media de las moléculas, por lo que depende del cuadrado de su velocidad.

2.2.- Definición de biogás.

Wikipedia (2005) define biogás como un gas que se genera artificialmente, en dispositivos específicos, mediante la acción de unos seres vivos (bacterias metanogénicas), en ausencia de aire, (esto es un ambiente anaeróbico). Cuando la materia orgánica se descompone en ausencia de aire, actúa este tipo de bacterias, generando biogás. Por su parte el sitio web Esi.Unav. (2005) define biogás como un gas combustible, mezcla de metano con otras moléculas, formado en reacciones de descomposición de la materia orgánica. El sitio ecoportal.net (2006), lo define como gas

producido en fermentación de los residuos domiciliarios, en general tiene un alto contenido de metano, es susceptible de ser usado con fines de generación electricidad o de uso domiciliario.

Por su parte el sitio web textoscintificos (2006), cita que el biogás es una mezcla constituida por metano (CH_4), en una proporción que oscila entre un 50 a un 70% y dióxido de carbono (CO_2), conteniendo pequeñas proporciones de otros gases como hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2) y sulfuro de hidrógeno (SH_2).

2.2.1.- Componentes del biogás.

El sitio web Wikipedia (2006), menciona que la composición del biogás es variable pero en líneas generales sería como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro No. 1. Composición del biogás según Wikipedia 2006.

Gas	Fórmula	%
Metano	CH_4	45 - 55
Anhídrido carbónico	CO_2	40 - 50
Nitrógeno	N_2	2 - 3
Ácido sulfhídrico	$\text{H}_2 \text{S}$	1.5 - 2

El sitio web producechiapas (2006), cita el poder calorífico del biogás lo convierte en un combustible apreciable, tanto en el ámbito doméstico, alumbrado, y cocción de alimentos, como en la industria, en la producción de energía calorífica, mecánica o eléctrica al ser usado en calderas o motores de combustión interna.

El sitio web rincondelvago (2000), establece la composición del biogás (cuadro 2), en el que podemos apreciar los valores en porcentajes de los distintos gases.

2.2.2.- Características de algunos de los componentes del biogás.

Metano.

El sitio web mtas.es (2006), cita que el metano es el hidrocarburo alcano más sencillo. Su fórmula química es CH₄. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

Cuadro No. 2. Mezcla de gases que forman el biogás.

GAS	SÍMBOLO	%
Metano	CH ₄	55 - 80
Dióxido de carbono	CO ₂	45 - 20
Hidrógeno	H ₂	0 - 10
Oxígeno	O ₂	0.1 - 1
Nitrógeno	N ₂	0.5 - 10
Monóxido de carbono	CO	0 - 0.1
Gases diversos	SH ₂ ; NH ₃ ; Cn - H _{2n}	1 - 5
Vapor de agua	H ₂ O	Variable

Fuente: rincondelvago.com (2000).

En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaerobia de las plantas, este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás. Puede constituir hasta el 97 % del gas natural. En las minas de carbón se le denomina “gas grisú” y es muy peligroso por su facilidad para

inflamarse. La propiedad calórica del metano se reduce a 12 Kcal. Por gramo

Bióxido de carbono.

El sitio Web meteor.iastate.edu (1996), cita el dióxido de carbono, también denominado “bióxido de carbono”, “óxido de carbono (IV)” y “anhídrido carbónico”, como un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, su fórmula química es CO_2 . El bióxido de carbono es utilizado como agente extintor, eliminando el oxígeno requerido en la combustión.

Acido sulfhídrico.

El sitio atsdr.cdc.gov (2006), menciona que el ácido sulfhídrico (H_2S) es un ácido inorgánico, formado por la disolución y disociación en agua del sulfuro de hidrógeno (un gas que huele a huevos putrefactos). Es decir que se le llama ácido sulfhídrico cuando se halla disuelto en agua. Con bases fuertes forma sales; los sulfuros. En estado gaseoso se le conoce con el nombre de sulfuro de hidrógeno. Su punto de ebullición es de 212.86 °K.

Nitrógeno.

Continuando con el mismo wikipedia (2006), menciona que es un elemento químico de número atómico 7, con símbolo N, en condiciones normales, forma inerte, ausencia de metal, incoloro, inodoro e insípido que constituye aproximadamente las cuatro quintas partes del aire atmosférico, si bien no interviene en la combustión ni en la respiración. Tiene una elevada electronegatividad (3 en la escala de Pauling) y 5 electrones en el nivel más externo comportándose como trivalente en la mayoría de los compuestos que forma. Se condensa a 77 °K y se solidifica a 63 °K empleándose comúnmente en aplicaciones criogénicas.

2.2.3.- Estudios que se han realizado sobre el biogás.

Rodríguez et al. (1997), mencionan que los trabajos realizados por Mandujano (1979), Cowley y Wase (1981) y Mandujano y Martínez (1981), en los cuales estos autores sostienen que el estiércol de ganado presenta alta concentración de nitrógeno que favorece el incremento acelerado de la flora bacteriana.

El sitio web consumer (2005), cita que un equipo de científicos de la Universidad de Cantabria, presentaba recientemente un nuevo proceso de tratamiento y gestión de los residuos del ganado vacuno lechero que reduce la contaminación y aprovecha los nutrientes del estiércol, al tiempo que permite obtener energía renovable a través del biogás generado. Estos investigadores ya han iniciado contactos con el sector ganadero y con las consejerías de Medio Ambiente y de Ganadería, Agricultura y Pesca del gobierno de Cantabria para estudiar como llevar este proyecto a la práctica. Estos expertos aseguran que si se sigue apostando por las energías renovables, la mejora de las tecnologías y el incremento de este tipo de plantas para obtener biogás y su posterior utilización es cuestión de tiempo.

La misma fuente, menciona que en Japón, presentaban el año pasado un sistema que consigue fermentar también el hidrógeno, además del metano, separadamente, lo que amplían los residuos a utilizar para la obtención de biogás, como los desechos de las cocinas, por ejemplo.

2.2.4.- Consumo de biogás.

El sitio web producechiapas (2006), cita los siguientes valores para el consumo del biogás.

Cuadro No. 3. Equipos que consumen biogás.

Aplicación	Lts / hr.	Kcal / hr.
Lámpara de capucho	100	600
Quemador para estufa	320	1920
Quemador para horno	420	2520
Estufa con 4 quemadores y 1 horno	2668	16008
Soplete de gas para plomero	250	1500
Motor de combustión interna	500	3000 (4.68 Hp)

Fuente: producechiapas.com (2006).
Hp = caballos de potencia.

2.2.5.- Usos del biogás.

El sitio web textoscintificos (2006), menciona que el biogás puede ser utilizado en cualquier equipo comercial diseñado para uso con gas natural. La figura 1, resume las posibles aplicaciones o usos.

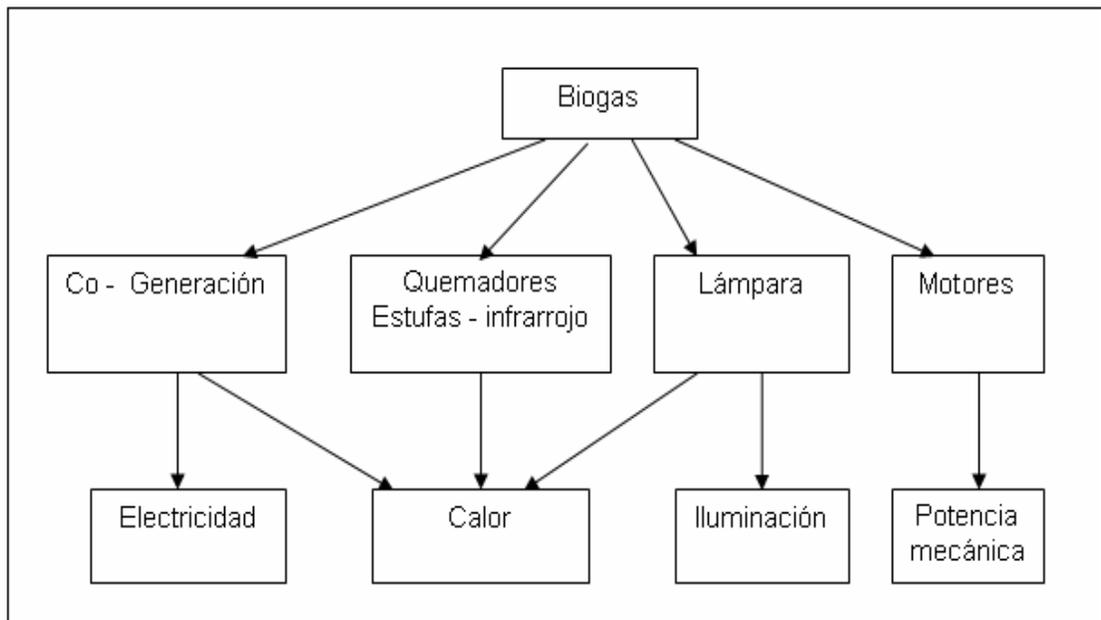


Figura No.1. Diferentes aplicaciones del biogás.

2.2.6.- Aplicaciones del biogás.

El mismo textoscientificos (2006), cita los principales equipos que utilizan biogás juntamente a su consumo medio y su eficiencia (cuadro 4).

Cuadro No. 4. Consumo de biogás en diferentes equipos.

EQUIPO	CONSUMO	RENDIMIENTO (%)
Quemador de cocina	300 - 600 lts / hr.	50 - 60
Lámpara a mantilla (60 W)	120 - 170 lts / hr.	30 - 50
Heladera de 100 lts	30 - 75 lts / hr.	20 - 30
Motor de gas	0.5 m ³ / Kwh. o Hph	25 - 30
Quemador de 10 Kw.	2 m ³ / hr.	80 - 90
Infrarrojo de 200 W	30 lts / hr.	95 - 99
Co - generador	1 kwelect. 0.5 m ³ / Kwh. 2 Kw. térmica	hasta 90

Fuente: textoscientificos.com (2006).

Las cocinas y calentadores son fácilmente modificables, agrandando el diámetro de la esprea el cual aumenta el paso del gas de los quemadores. La amplia disponibilidad de este tipo de equipos hace promisoría e interesante su utilización a gran escala. Las lámparas de gas tienen una muy baja eficiencia y el ambiente donde se utilicen debe estar adecuadamente ventilado para disipar el calor que generan. En países europeos se utiliza biogás, como fuente refrigerante en electrodomésticos.

Los quemadores infrarrojos comúnmente utilizados en la calefacción de ambientes (especialmente en criadores y parideras), presentan como ventaja su alta eficiencia, lo cual minimiza el consumo de gas para un determinado requerimiento térmico.

El biogás puede ser utilizado en motores de combustión interna tanto de gasolina como diesel.

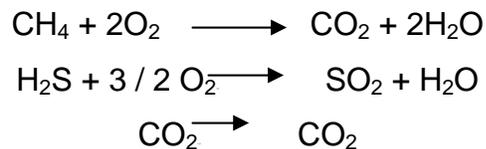
2.2.7.- Beneficios del biogás.

El sitio web oni.escuelas.edu.ar (2002), hace referencia de algunos beneficios más significantes sobre la utilización del biogás, los cuales se mencionan a continuación:

1. Producción de energía: calor, luz, electricidad.
2. Transforma los desechos orgánicos en fertilizantes de alta calidad.
3. Mejora las condiciones higiénicas por la reducción de patógenos, huevos de moscas, etc.
4. Reduce la cantidad de trabajo con respecto a la recolección de leña.
5. Favorece la protección del suelo, agua, aire y vegetación, obteniendo menor deforestación.
6. Beneficios micro - económicos a causa de la sustitución de energía y fertilizantes, del aumento de los ingresos y aumento de la producción agrícola - ganadera.
7. Beneficios macro - económicos, a través de la generación descentralizada de energía, reducción de los costos de importación y protección ambiental.

2.2.8.- Principios de combustion (flama).

El sitio web textoscientificos (2006), menciona que el biogás mezclado con aire puede ser quemado en un amplio espectro de equipos, descomponiéndose principalmente en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O). La combustión completa sin el exceso de aire y con oxígeno puro, puede ser representada por las siguientes ecuaciones químicas:



El requerimiento de aire mínimo sería del 21 % pero esta cifra debe ser aumentada para lograr una buena combustión. La relación aire - gas puede ser ajustada aumentando la presión del aire, incrementando la apertura de la válvula dosificadora de gas (el biogás requiere de una apertura 2 a 3 veces mayor a la utilizada por el metano puro y modificando la geometría del paso de aire desde el exterior). Debido al contenido de dióxido de carbono, el biogás tiene una velocidad de propagación lenta de la llama (43 cm. / seg.), y por lo tanto la llama tiende a escaparse de los quemadores. La presión para un correcto uso del gas oscila entre los 7 y los 20 megabárometros (mbar).

2.2.9.- Purificacion del gas metano.

El sitio web producechiapas (2006), cita que para obtener una mejor eficiencia en el poder calorífico del biodigestor es necesario purificar el gas metano a través de unas fibras metálicas que nos permitira eliminar un porcentaje considerable de bióxido de carbono y acido sulfhídrico y con ello aumentaremos el poder calorífico de combustion.

2.2.10.- Seguridad.

El mismo producechiapas (2006), menciona que la densidad y la composición del biogás son también factores importantes en la seguridad, pues tomando en cuenta que la densidad del aire es de 1.293 gr. / lt., la del metano 0.27 gr. / lt y la del bióxido de carbono es de 1.98 gr. / lt, y considerando una composición entre 30 y 40 % de bióxido de carbono (CO₂), la densidad del biogás llega a 1.09 gr. / lt lo que lo hace más ligero que el aire y puede diluirse fácilmente perdiendo peligrosidad. Si la proporción de dióxido de carbono rebasa un 45.7 %, el biogás se vuelve más denso que el aire subiendo su límite de peligrosidad por varios factores. El biogás puede ser asfixiante cuando causa que el oxígeno del aire baje al 17.3 %; y al 13 % es positivamente sofocante. Si en la composición del biogás se tiene CO₂ en proporción de 0.1 %, es fatal en 4 horas y si la proporción de ácido sulfhídrico (H₂S), es de 0.6 %, es fatal en menos de media hora. Por todas estas razones hay que tener precauciones similares a las que se tiene con el gas domestico butano – propano.

2.3 Transmisión de Calor

De acuerdo con Mills (1997), la transferencia de calor es la ciencia que busca predecir la transferencia de energía que tiene lugar entre cuerpos, como resultado de una diferencia de temperatura. La termodinámica enseña que esta transferencia de energía se define como calor. La ciencia de la transferencia de calor no solo pretende explicar cuanta energía como calor puede transferirse, si no también predice la razón de cambio con que este intercambio se lleva a cabo bajo ciertas condiciones especificadas.

2.3.1. Transmisión de Calor por Conducción

Donald (2005) menciona que la conducción de calor es un proceso de transferencia de energía térmica que tiene lugar en los medios materiales entre regiones de diferente temperatura. Cuando las moléculas absorben energía térmica vibran alrededor de sus posiciones medias, aumentan la amplitud de la vibración y, por lo tanto, aumentan su energía cinética. La conducción puede darse en cualquier estado de agregación de la materia, pero no en el vacío. Una teoría ampliamente aceptada sugiere que la transferencia de calor por conducción es debida, por una parte a la transmisión de las vibraciones entre moléculas adyacentes, y por otra parte al movimiento de los electrones libres, transportando energía. Esta teoría es acorde con que los materiales que son buenos conductores del calor, también suelen ser buenos conductores eléctricos.

2.3.2. Transmisión de Calor por conveccion

Manrique (1981) establece que cuando un fluido circula en contacto con un sólido, por ejemplo por el interior de una tubería, existiendo una diferencia de temperatura entre ambos, tiene lugar un intercambio de calor. Esta transmisión de calor se debe al mecanismo de convección. El calentamiento y enfriamiento de gases y líquidos son los ejemplos más habituales de transmisión de calor por convección. Dependiendo de si el flujo del fluido es provocado artificialmente o no, se distinguen dos tipos: convección forzada y convección libre (también llamada natural). La convección forzada implica el uso de algún medio mecánico, como una bomba o un ventilador, para provocar el movimiento del fluido. Ambos mecanismos pueden provocar un movimiento laminar o turbulento del fluido.

2.4. Intercambiadores de Calor

El sitio Web wikipedia.org (2007), define intercambiador de calor como un dispositivo diseñado para transferir calor de un fluido a otro, sea que estos estén separados por una barrera sólida o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico. Un intercambiador típico es el radiador del motor de un automóvil, en el que el fluido refrigerante, calentado por la acción del motor, se refrigera por la corriente de aire que fluye sobre él y, a su vez, reduce la temperatura del motor volviendo a circular en el interior del mismo.

El sitio sc.ehu.es menciona que un intercambiador de calor consiste en un límite sólido, buen conductor, que separa dos fluidos que se intercambian energía por transmisión de calor. El papel de los intercambiadores térmicos ha adquirido una creciente importancia recientemente al empezar a ser conscientes los técnicos de la necesidad de ahorrar energía. En consecuencia se desea obtener equipos óptimos, no sólo en función de un análisis térmico y rendimiento económico de lo invertido, sino también en función del aprovechamiento energético del sistema.

2.4.1. Clasificación según su aplicación

Para caracterizar los intercambiadores de calor basándose en su aplicación se utilizan en general términos especiales. Los términos empleados para los principales tipos son:

Calderas: Las calderas de vapor son unas de las primeras aplicaciones de los intercambiadores de calor. Con frecuencia se emplea el término generador de vapor para referirse a las calderas en las que la fuente de calor es una corriente de un flujo caliente en vez de los productos de la combustión a temperatura elevada.

Condensadores: Los condensadores se utilizan en aplicaciones tan variadas como plantas de fuerza de vapor, plantas de proceso químico y plantas eléctricas nucleares para vehículos espaciales. Los tipos principales son los condensadores de superficie, los condensadores de chorro y los condensadores evaporativos.

El tipo más común es el condensador de superficie que tiene la ventaja de que el condensado se recircula a la caldera por medio del sistema de alimentación.

Intercambiadores de calor de coraza y tubos: Las unidades conocidas con este nombre están compuestas en esencia por tubos de sección circular montados dentro de una coraza cilíndrica.

Los intercambiadores de calor líquido-líquido pertenecen en general a este grupo y también en algunos casos, los intercambiadores gas-gas.

Son muy adecuados en las aplicaciones en las cuales la relación entre los coeficientes de transferencia de calor de las dos superficies o lados opuestos es generalmente del orden de 3 a 4 y los valores absolutos son en general menores que los correspondientes a los intercambiadores de calor líquido-líquido en un factor de 10 a 100, por lo tanto se requiere un volumen mucho mayor para transferir la misma cantidad de calor.

Existen muchas variedades de este tipo de intercambiador; las diferencias dependen de la distribución de configuración de flujo y de los aspectos específicos de construcción. La configuración más común de flujo de intercambiadores líquido-líquido de coraza y tubos.

Un factor muy importante para determinar el número de pasos del flujo por el lado de los tubos es la caída de presión permisible. El haz de tubos está provisto de deflectores para producir de este modo una distribución uniforme del flujo a través de él.

Torres de enfriamiento: Las torres de enfriamiento se han utilizado ampliamente para desechar en la atmósfera el calor proveniente de procesos industriales en vez de hacerlo en el agua de un río, un lago o en el océano.

Los tipos más comunes son las torres de enfriamiento por convección natural y por convección forzada.

En la torre de enfriamiento por convección natural el agua se pulveriza directamente en la corriente de aire que se mueve a través de la torre de enfriamiento por convección térmica. Al caer, las gotas de agua se enfrían tanto por convección ordinaria como por evaporación.

La plataforma de relleno situada dentro de la torre de enfriamiento reduce la velocidad media de caída de las gotas y por lo tanto aumenta el tiempo de exposición de gotas a la corriente de aire en la torre.

Se han construido grandes torres de enfriamiento del tipo de convección natural de más de 90 m de altura para desechar el calor proveniente de plantas de fuerza.

En una torre de enfriamiento por convección forzada se pulveriza el agua en una corriente de aire producida por un ventilador, el cual lo hace circular a través de la torre.

El ventilador puede estar montado en la parte superior de la torre aspirando así el aire hacia arriba, o puede estar en la base por fuerza de la torre obligando al aire a que fluya directamente hacia dentro.

6.4.2. Efectividad de un Intercambiador

La efectividad de transferencia de calor se define como la razón de la transferencia de calor lograda en un intercambiador de calor a la máxima transferencia posible, si se dispusiera de área infinita de transferencia de calor.

A la mayor razón de capacidad se le designa mediante C y a la menor capacidad mediante c .

2.4.3. Aplicaciones frecuentes:

Son prácticamente innumerables dada su tipología. Entran a formar parte de cualquier proceso donde se requiera intercambio térmico. Cabría destacar:

- Industria alimentaria: enfriamiento, termización y pasteurización de leche, zumos, bebidas carbonatadas, salsas, vinagres, vino, jarabe de azúcar, aceite, etc.

- Industria química y petroquímica: producción de combustibles, etanol, biodiésel, disolventes, pinturas, pasta de papel, aceites industriales, plantas de cogeneración, etc.
- Industria del aire acondicionado: cualquier proceso que implique enfriamiento o calentamiento de los gases.
- Calefacción y energía solar: producción de agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, producción de agua caliente mediante paneles solares, etc.
- Industria marina: enfriamiento de motores y lubricantes mediante el empleo del agua del mar.

2.5 Quemadores

2.5.1 Fundamentos de combustión

El sitio web conae.gob.mx define combustión como una reacción química entre un combustible y oxígeno que produce luz y calor. La producción de calor, es por supuesto, el punto de interés. Esta reacción en la industria es empleada en calentadores a fuego directo para el calentamiento de fluidos por medio de los productos de combustión.

La mayoría de los combustibles contienen carbono, hidrógeno y en algunas ocasiones azufre. Cada uno de estos componentes, cuando se combinan con el oxígeno produce respectivamente dióxido de carbono, vapor de agua y óxidos de azufre, así como calor. Ejemplo:



Para que la reacción pueda llevarse a cabo debe alcanzarse la mezcla adecuada de combustible - aire y se debe mantener la temperatura mínima de ignición.

2.5.2 Definición de quemador

El sitio web Britannica Online Enciclopedia 2007, define quemador para gas como un dispositivo generador de flama caliente, a través de una combustión utilizando gases inflamables.

Una de las funciones del quemador es mantener la adecuada proporción de combustible y oxígeno de la mezcla. Se requiere una cierta cantidad de oxígeno para cada porción de carbono o hidrógeno del combustible. Si la proporción de combustible - aire requerida varía drásticamente, la reacción puede no llevarse a cabo o efectuarse de manera incompleta. La ignición de la mezcla se logra usualmente adicionando una fuente externa de calor (chispa, flama), hasta que la reacción genere suficiente calor para mantenerse encendida sin necesidad de la fuente externa de calor. Para el adecuado diseño de un quemador es fundamental considerar tres aspectos importantes: turbulencia, temperatura y tiempo, que definen la velocidad de la reacción. Para que la combustión se lleve a cabo adecuadamente, debe existir suficiente turbulencia para lograr la adecuada mezcla; existen dos fuentes de turbulencia, la caída de presión del aire a través del quemador y la energía del combustible. La temperatura a la cual se lleva a cabo la reacción de combustión es importante; mientras más alta sea la temperatura en la zona de combustión, la reacción se lleva a cabo con mayor rapidez. El tiempo que se requiere para que se lleve a cabo la combustión es dependiente de la temperatura y la turbulencia. En general, a mayor turbulencia menor es el tiempo que se requiere para que se efectúe la reacción. De igual manera, a mayor temperatura menor el tiempo de reacción.

2.5.3 Quemadores para Biogás

Hudson et al (2007), mencionan que el biogás es estudiado desde los años cincuentas y existe bastante documentación al respecto. Sin embargo, poco se sabe acerca del quemado de este gas, esto debido a la naturaleza del metano y dificultades para conseguir un quemador apropiado. En muchos casos los quemadores se construyen usando el proceso de prueba y error, puesto que no se consulta un texto o una formula. La figura 2 expone el diseño de un quemador experimental usado para cocinar en zonas rurales de Filipinas.

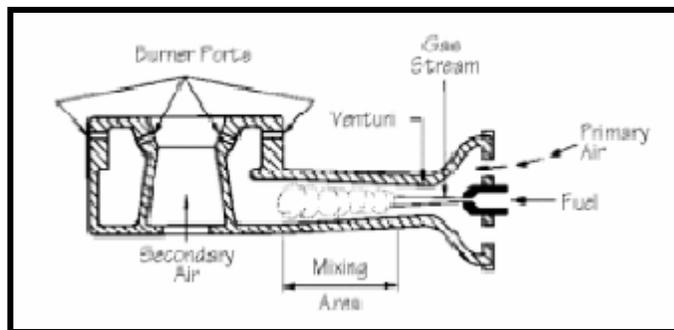


Figura No. 2. Quemador Hudson.

Caine (2006), establece dos tipos de quemadores para biogás: quemadores para exteriores y quemadores para interiores, definiéndolos de la siguiente manera:

Quemadores para exteriores: Estos quemadores son rudimentarios, no existe un control de la temperatura de la flama, mezcla de gases o de emisiones, su aplicación se limita a quemar biogás generado en rellenos sanitarios, también se le denomina como antorchas.

Quemadores para interiores: Para el desarrollo de estos quemadores se ha recurrido a la ingeniería, ya que deben cuidarse especialmente los siguientes factores:

- Efectos indeseables en la calidad del aire causados por productos derivados de la combustión.
- Irritación de ojos.
- Olor desagradable e irritante.
- Peligro de explosión e incendios.
- Peligro de asfixia.

Los quemadores para interiores son utilizados para cocinar, calefacción, procesos industriales entre otras aplicaciones.

El sitio web daenvis.org (2006), muestra un quemador para biogás (figura 3) que esta siendo evaluado en el “Centre of Science for Villages”, en Wardha Maharashtra India. Está fabricado en su mayor parte con arcilla y algunos componentes son metálicos. Tiene un flujo de ocho pies cúbicos por hora, y una eficiencia térmica del 60%.

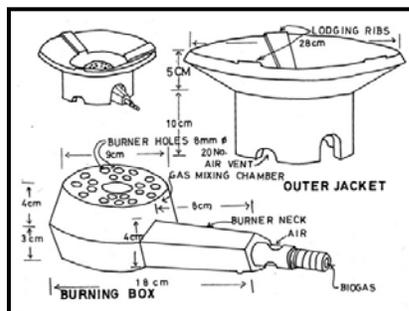


Figura No. 3. Diseño de un quemador para biogás.

III METODOLOGÍA

3.1 Ubicación del experimento

El sitio experimental se ubico en la sede de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el laboratorio de Biogás perteneciente a la sección de Agrotecnia, a siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo, capital del estado de Coahuila, en las coordenadas geográficas 25° 22' de latitud norte y 101° 00' de longitud oeste. Su altura sobre el nivel del mar es de 1742 m.



Figura No. 4. Laboratorio de Biogás.

El clima en el municipio es de subtipos secos semicálidos; al suroeste subtipos semisecos templados y grupos de climas secos B y semifríos, en la parte sureste y noreste; la temperatura media anual es de 14 a 18°C y la precipitación media anual en el sur del municipio se encuentra en el rango de los 300 a 400 milímetros; al centro tiene un rango de 400 a 500 milímetros y al norte de 300 a 400 milímetros; con régimen de lluvias en los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y escasas en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo; los vientos predominantes soplan en dirección noreste con velocidad de 22.5 Km./h. (Enciclopedia de los municipios de México, 2007).

3.2 Metodología de Trabajo

Para resolver el problema del calentamiento del agua, utilizada para el cultivo de tilapias. Surgieron diversas ideas en el equipo de trabajo entre las que se encuentran las siguientes:

- * Construcción de una caldera.
- * Adaptación de un calentador domestico (boiler) para agua.
- * Generador de vapor, con tubos sumergidos en la piscina.
- * Construcción de un intercambiador de calor.

Analizando cada una de ellas se opto por la siguiente: construir un intercambiador de calor del tipo serpentín, a base de tubo de cobre. Se llegó a esta determinación por los siguientes requerimientos:

- * Costo de fabricación.
- * Materiales económicos.
- * Materiales comerciales.
- * Facilidad de adaptación.
- * Quemadores eficientes.

3.2.1 Materiales.

A continuación se menciona el material utilizado para el desarrollo del proyecto.

Cuadro No. 5 Lista de materiales

CLAVE	MATERIAL	MEDIDA	CANTIDAD
01	Abrazadera	9.525 mm.	2
02	Tubo de cobre flexible	12.70 mm.	10 m.
03	Manguera	9.525 mm.	3 m.
04	Cable de cobre duplex	AWG 12	2 m.
05	Clavija Industrial	3 polos	1
06	Conector para campana	9.525 mm	1
07	Conector para gas	-	1
08	Cople galvanizado	9.525 mm.	15
09	Manómetro de Carátula	0-989 Kpa.	1
10	Tubo flexible de cobre	9.525 mm.	1 m.
11	Tubo Galvanizado	12.70 mm.	0.5 m.
12	Tubo PVC	25.40 mm.	3 m.
13	Válvula de paso PVC	25.40 mm.	2
14	Soldadura estaño 50/50	-	1
15	Pasta para soldar	-	1
16	Pegamento PVC	-	1
17	Horno Estufa	-	1
18	Codo 45° PVC	25.40 mm.	4
19	Nudo PVC	25.40 mm.	4
20	Codo 45° galvanizado	9.525 mm.	15
21	reducción galvanizada	12.7-25.4 mm.	15
22	Válvula bronce	9.525 mm.	2
23	Cople cobre	12.70 mm.	2
24	Tubo de cobre flexible	9.525 mm.	2 m.
25	Regulador de presión para gas	-	1
26	Bomba Centrifuga Hidráulica	¾ H.p.	1

3.2.2 Herramienta y Equipo utilizado para el diseño y construcción de un sistema de calentamiento de agua a base de biogás.

- ✚ Doblador de tubo manual
- ✚ Juego de Destornilladores
- ✚ Juego de llaves diversas medidas
- ✚ Taladro Black and Decker de 12 volts con porta brocas de 9.525 mm.
- ✚ Llave de Ajustes
- ✚ Llave Estilson
- ✚ Soplete Portátil
- ✚ Segueta
- ✚ Manómetro
- ✚ Flexometro
- ✚ Termómetro
- ✚ Matraz Graduado
- ✚ Computadora
- ✚ Software Utilizado:
 - Autodesk AutoCAD
 - Microsoft Word
 - Microsoft Excel

3.2.3 Quemadores

De acuerdo a la literatura revisada, ésta menciona que los quemadores comerciales se pueden adaptar al quemado del biogás con solo aumentar el diámetro de la esprea (textoscientificos 2006). Con esta información, se procedió a la compra de diferentes quemadores utilizados en estufas para cocinas convencionales, procediendo a modificar el diámetro de la esprea.



Figura No. 5 Quemadores Comerciales

Para realizar lo anterior, se utilizó un taladro inalámbrico marca Black and Decker de 12 volts. con porta brocas de 9.525 mm. Cada una de las espreas se perforó con una broca de 1.5875 mm. como primer diámetro de abertura. Los resultados obtenidos fueron poco favorables, ya que produjeron una flama débil, pequeña, con tendencia a apagarse con facilidad, además de que se percibió en el ambiente el olor característico a gas sin quemar, nótese en la figura 6 una flama naranja, indicador de una combustión incompleta y “fría”. Esto es peligroso ya que pudiera ser causa de posible explosión o asfixia de las personas en caso de encontrarse en un ambiente cerrado. (figura 6).



Figura No. 6 Quemador de estufa.

Los resultados anteriores se considera se debieron a que el diámetro de la esprea utilizado no permitió una adecuada mezcla de gases (aire y biogás) o que el flujo de biogás a través de la esprea no fue suficiente.

Buscando resolver este problema, se realizó un agrandamiento de la esprea, para lo que se utilizó una broca de 2.88125 mm. El resultado de esto fue una pequeña mejoría en la calidad de la flama, pero no satisfactoria. Con estos resultados, se pone en duda lo establecido por textoscientificos 2006.

Durante las pruebas realizadas a quemadores comerciales, se observó una mejora en la flama cuando se retiraba la esprea del quemador, dejando fluir el gas libremente (figura 7), sin embargo la combustión seguía siendo incompleta.



Figura No. 7 Quemador de estufa sin esprea.

3.2.4 Diseño y Construcción de quemadores propios.

Debido a estas circunstancias y para resolver esta problemática se opto por construir quemadores propios, pero que cumplieran las siguientes características:

- * Construcción sencilla.
- * Bajo costo.
- * Fabricados con materiales comerciales.
- * Eficientes.
- * Durabilidad.

Tomando en cuenta las experiencias adquiridas en el proceso de modificación del diámetro de la esprea en quemadores comerciales, se observo que el diámetro de alimentación del biogás, en el quemador es esencial para la combustión.

En este contexto, y para fines de experimentación, se construyó un quemador utilizando tubo galvanizado de 9.525 mm. así como diversas conexiones para tubo galvanizado, específicamente reducciones de 12.70 mm. a 9.525 mm. y de 19.05 a 12.70 mm. (figura 8).



Figura No. 8 Fabricación del quemador experimental

Una vez construido el quemador experimental, se realizaron pruebas de funcionamiento (figura 9), obteniéndose los siguientes resultados:

- Una flama completamente azul (indicador de un alto valor calorífico).
- No se percibió olor característico de gas sin quemar.
- Combustión eficiente.
- Flama constante.



Figura No. 9 Quemador experimental.

Los excelentes resultados obtenidos con este quemador experimental, permitió concluir que eran los quemadores adecuados para su aplicación en nuestro sistema de calefacción de agua. Para ello se fabricaron doce quemadores los que se interconectaron a una tubería de hierro galvanizado de tres octavos de pulgada (figura 10), misma que alimenta de biogás al sistema.



Figura No. 10 Red de quemadores.

Para poder utilizar varios quemadores simultáneamente, se requirió de un flujo constante de biogás y de un depósito con los dispositivos de seguridad apropiados como válvulas de alivio. Para ello se recurrió a un sistema de compresión y almacenamiento desarrollado por el equipo de trabajo del proyecto biogás de la UAAAN. Dicho sistema almacenó biogás en un depósito metálico con capacidad para 45 kg. al cual se le instaló un regulador de presión para gas de bajo flujo ajustable (0.8 m³/hr. a 3445 Pa.) sin marca (figura 11). Este regulador no solo brinda la posibilidad de mantener un flujo constante, sino que también es un importante dispositivo de seguridad.



Figura No. 11 Depósito y regulador.

Para fines de eficientar el proceso de calentamiento del agua de las piscinas, se utilizó un horno de estufa domestica de desecho, de tamaño mediano con el propósito de reducir costos. De la estufa se utilizó el horno, el cual se encontraba en condiciones de uso con el propósito de aprovechar al máximo posible el calor generado ya que se evita la disipación de calor al ambiente. Dicha estufa por ser de rehúso no conservaba el aislante que

contienen las estufas nuevas, por tal motivo utilizamos aislante de la marca Fiber Glass R13 (figura 12), para conservar mejor el calor generado.



Figura No. 12. Aislante

La red de quemadores construida, se colocó en la parte inferior del horno de la estufa, los quemadores tienen una separación 0.08 m. Para lograr una mejor distribución de calor dentro del horno.

3.2.5 Serpentín de cobre

El serpentín de cobre es el dispositivo en el cual se realiza el intercambio de calor, haciendo circular agua fría en el interior del tubo proveniente de la piscina. En el exterior del tubo habrá aire caliente, generado por los quemadores, provocando un intercambio de calor entre ambos fluidos. Para fabricar el serpentín se roló tubo de cobre flexible de media pulgada de diámetro, con un doblador de tubo marca Gardner Bender, como se muestra en la figura 13.



Figura No. 13 Doblador de Tubo.

Con la ayuda del doblador, se realizaron circunferencias en el tubo con un diámetro de 0.26 m. y una separación entre circunferencias de 0.01 m. Obteniéndose un serpentín con un total de 14 circunferencias (figura 14). La longitud total de circunferencias es de 0.38 m. Estas medidas son las adecuadas para colocar el serpentín dentro de un horno de estufa domestica de tamaño mediano.



Figura No. 14 Serpentín de cobre

Para instalar el serpentín de cobre dentro del horno (figura 15), fue necesario hacer perforaciones en la parte posterior de la estufa, además de colocar pijas de sujeción en la parte superior del horno. También le se insertó un termómetro de 100° C , para medir la temperatura dentro del horno.



Figura No.15 Colocación del serpentín

3.2.6 Circulación de Agua

Con el objeto de hacer circular agua a través del serpentín de cobre, se requirió de una fuente generadora de movimiento hidráulico, para lo cual se aprovechó la potencia de una bomba centrífuga comercial de 3/4 Hp. (figura 16).



Figura No.16 Bomba centrífuga

Como la velocidad de flujo de la bomba fue de 45 lts./min., éste se consideró alto para el sistema construido. Por tal motivo, se usó un par de válvulas de paso para regular el flujo acorde a la generación de calor en el horno, además se instaló un manómetro para monitorear la presión en el sistema y evitar sobrecargar la bomba. De esta manera, mediante una válvula, se reguló el flujo de agua hacia el serpentín y, con la otra válvula, el exceso de flujo fue dirigido a la piscina (figura 17).



Figura No.17 Válvulas y manómetro para regular flujo.

3.3 Resultados

Para probar el sistema de calefacción, se utilizó una piscina de plástico marca sand nsun, portátil con un diámetro de 2.44 m. y una altura de 0.76 m., con una capacidad de 2500 litros, a la cual se le depositaron 1000 litros de agua a una temperatura de 15° C (figura 18).

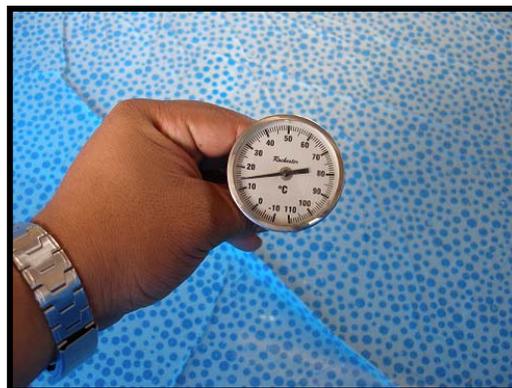


Figura No.18 Temperatura del agua en la piscina

El horno acondicionado con el sistema de serpentín y quemadores (figura 19), se precalentó por 1 minuto antes de que la bomba iniciara la circulación del agua a través del sistema.



Figura No.19 Intercambiador de calor funcionando

El flujo de la bomba se ajusto mediante las dos válvulas de paso, como ya fue descrito, para hacer circular la cantidad de agua adecuada, de tal manera que se aprovechara mejor el calor generado en el horno y lograr el aumento deseado en la temperatura del agua circulante. El gasto fue de 8.00 litros por minuto.

La temperatura del agua a la salida del sistema (figura 20) fue de 25° C contra los 15° C que tenía al ingresar al sistema. Lo anterior representa un incremento de 10° C en un tiempo de aproximadamente 5 segundos .



Figura No.20 Salida de agua caliente

La prueba del sistema de calefacción duro 30 minutos, la temperatura del agua en la piscina al finalizar la prueba fue de 17 °C, lo que representa un incremento de 2° C de los 1000 litros.

Por todo lo anterior, se considera que el sistema de calefacción diseñado y construido para elevar la temperatura del agua, funcionó de manera aceptable, alcanzándose los objetivos establecidos. Lamentablemente no existió el suficiente biogás para probar por un periodo mas largo el sistema de calentamiento de agua, tampoco se contó con equipo adecuado para medir el consumo de biogás y el flujo exacto de funcionamiento de los quemadores.

3.4 Costos

3.4.1 Costos de material y equipo

Cuadro No. 6 Lista de precios del material y equipo utilizado.

CLAVE	MATERIAL	MEDIDA	CANTIDAD	PRECIO \$
01	Abrazadera	9.525 mm.	2	4.00
02	Tubo de cobre flexible	12.70 mm.	10 metros	700.00
03	Manguera	9.525 mm.	3 metros	24.00
04	Cable de cobre duplex	AWG 12		30.00
05	Clavija Industrial	3 polos	1	35.00
06	Conector para campana	9.525 mm.	1	20.00
07	Conector para gas		1	50.00
08	Cople galvanizado	9.525 mm.	15	90.00
09	Manómetro de Carátula	0-100 psi.	1	120.00
10	Tubo PVC	25.40 mm.	3 metros	60.00
11	Válvula de paso PVC	1 plg	2	120.00
12	Soldadura estaño 50/50		1	70.00
13	Pasta para soldar		1	30.00
14	Pegamento PVC		1	50.00
15	Horno Estufa		1	2000.00
16	Codo 45° PVC	25.40 mm.	4	120.00
17	Nudo PVC	25.40 mm.	4	200.00
18	Codo 45° galvanizado	9.525 mm.	15	75.00
19	reducción galvanizada	12.70 mm.	15	150.00
20	Válvula bronce	9.525 mm.	2	100.00
21	Cople cobre	12.70 mm.	2	45.00
22	Tubo de cobre flexible	9.525 mm.	2 metros	55.00
23	Regulador de presión para gas		1	76.00
24	Bomba Centrifuga Hidráulica	3/4 Hp.	1	700.00
25	Termómetro			377.00
26	Segueta			15.00
27	Gas para soplete (recarga)			60.00
			Total	5,376.00

3.4.2 Costos mano de Obra

Los costos de mano de obra para la construcción de este equipo se determinaron sumando los costos de cada una de las partes que se tuvieron que construir.

Cuadro No. 7 Descripción de costos de la mano de obra.

Concepto	Costo (\$)
Construcción del serpentín	1500.00
Construcción de los quemadores	500.00
Fabricación de horno	3000.00
Ensamblaje de componentes	500.00
Total	5,500.00

3.4.3 Costo Total

El costo total es el resultado de la suma del costo de materiales y el costo de mano de obra.

Costo de materiales = \$ 5,376.00

Costo mano de Obra = \$ 5,500.00

Total = \$ 10,876.00

IV CONCLUSIONES

- 1.- Se cumple la hipótesis planteada al principio del proyecto, que establece que es posible diseñar y construir un sistema de calentamiento de agua a base de biogás que permita alcanzar y mantener la temperatura adecuada para la crianza de peces en piscinas.
- 2.- Los resultados obtenidos demostraron que no es suficiente el modificar el diámetro de la esprea para adaptar un quemador convencional al uso de biogás.
- 3.- Se fabricó un quemador eficiente para la combustión de biogás que cumplió con los requisitos de costo y eficiencia entre otros.
- 4.- Se logró el diseño y fabricación de un sistema de calefacción de agua utilizando como fuente de energía el Biogás.
- 5.- Se construyó un intercambiador de calor práctico y económico.
- 6.- El equipo para el calentamiento del agua construido requiere de un mantenimiento sencillo.
- 7.- El sistema para el calentamiento de agua, se fabricó con materiales de bajo costo y fáciles de conseguir.

V RECOMENDACIONES

Para el manejo y operación del sistema construido se recomienda lo siguiente:

- Verificar que no existan fugas en las conexiones que conducen biogás Antes de operar el equipo.
- Verificar que los quemadores se encuentren libres de impurezas, o restos de hollín.
- No fumar cuando se este operando el equipo.
- Contar con un extintor de fuego clase B.
- Contar con una instalación eléctrica apropiada.
- Verificar no existan obstrucciones en la toma y conductos de agua.
- Verificar las posiciones de las válvulas así como la presión en el sistema.

Se considera que el sistema, puede actualizarse, y mejorarse con la instalación de componentes de automatización.

VI LITERATURA CITADA

Caine, M. 2007. Biogas Flares, state of the art and market review. IEA Bioenergy. USA.

Félix, A., S. Sánchez y M. I. Mandujano. 1979. Estudios, Adaptación y Pruebas de Equipos Comerciales para la Utilización del Biogás. Instituto de Investigaciones Eléctricas. Div. Fuentes de Energía, Área de FUENTES Avanzadas. Cuernavaca, Edo. de Morelos. México.

Hudson G., Patel N. y Haskard P. 2006. The development of an efficient combustion system that fires bio-fuels, for use in rural areas of the Philippines. Department of Mechanical Engineering. The University of Adelaide. Australia.

Kern D. Q. 2005. Procesos de Transferencia de Calor. 36 reimpresión. CECSA. México.

Manrique, José A. 1986. Transferencia de Calor Ed. HARLA. México, D.F.

Mills A. F. Transferencia de Calor, Mc Graw Hill/IRWIN, 1997. México D.F.

Silvia Sokolovsky, 2005. Gases Ideales. Libro electrónico, disponible en el sitio web http://soko.com.ar/Fisica/Gases_ideales.htm.

Shigley, Joseph E. y Ch. R. Mischke. 2005. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Ed. Editorial Mc Graw Hill. México DF. Pág. 5-32.

http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts114.html 2006.

<http://www.conae.gob.mx> Fundamentos para el diseño de quemadores 2007.

http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/2005/03/23/140669.php
Universitarios de Cantabria desarrollan un sistema de gestión de residuos por el que obtienen energía renovable.

<http://www.daenvis.org>. 2006. Clay Burner Biogas, Centre of Science for Villages. Wardha Maharashtra. India.

<http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn0291.htm> 2006.

http://www.meteor.iastate.edu/gccourse/chem/gases/gases_lecture_es.html
Eugene S. Takle 1996.

<http://www.monografias.com/trabajos/energiasalter/energiasalter.shtml>. 2004.

<http://www.oni.escuelas.edu.ar>. 2002.

<http://www.platea.pntic.mec.es> 1997.

<http://www.producechiapas.org> 2001.

<http://www.rincondelvago.com/biogas> 2004.

<http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/intercambiadores.htm> 2005.

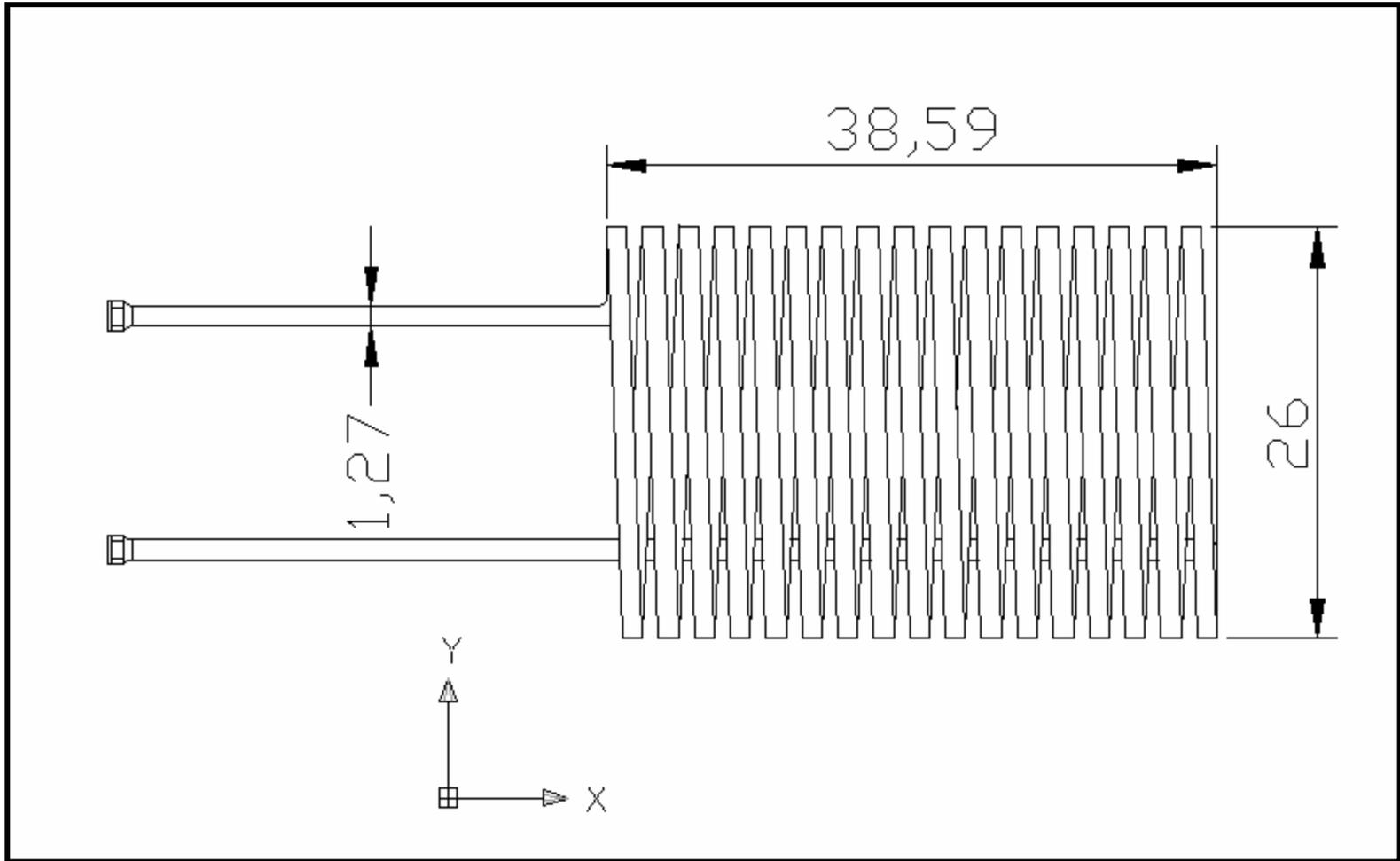
<http://www.textoscientificos.com/energia/biogas/usos> 2005.

<http://www.uch.ceu.es> 2006.

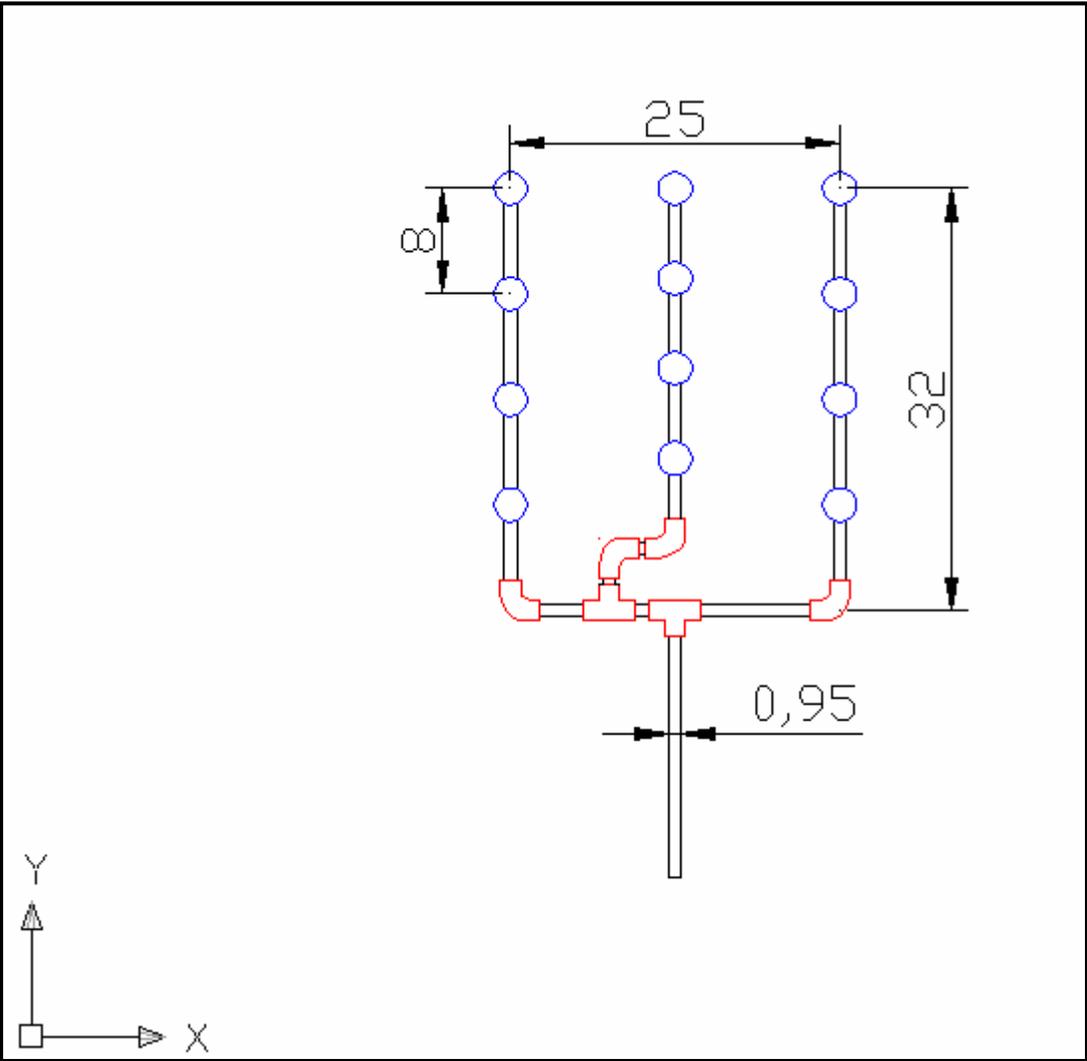
Wikipedia. 2005. La enciclopedia libre. Página Web:
<http://wikipedia.org/wiki/Biogas>.

VII ANEXOS

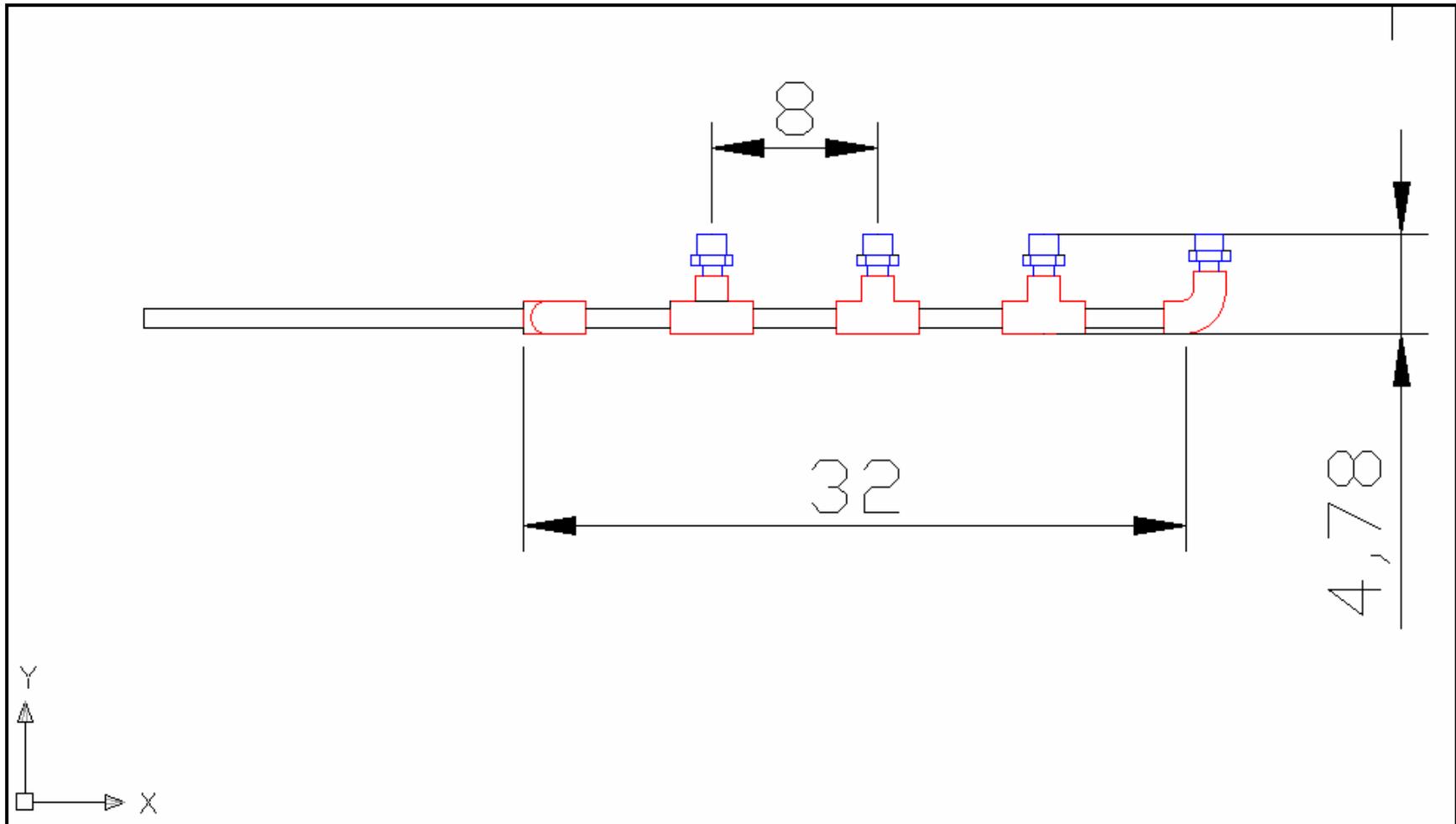
7.1 DIBUJO SERPENTIN (VISTA SUPERIOR) DIMENSIONES EN CENTIMETROS.



7.2 DIBUJO QUEMADORES (VISTA SUPERIOR) DIMENSIONES EN CENTIMETROS.



7.2.1 DIBUJO QUEMADORES (VISTA FRONTAL) DIMENSIONES EN CENTIMETROS.



7.3 DIAGRAMA GENERAL SISTEMA DE CALEFACCION

